

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-169038

(43)Date of publication of application : 14.06.2002

(51)Int.Cl.

G02B 6/00

C08F 2/00

C08F 2/50

C08G 85/00

(21)Application number : 2000-365223

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB
INC

TOYODA GOSEI CO LTD

(22)Date of filing : 30.11.2000

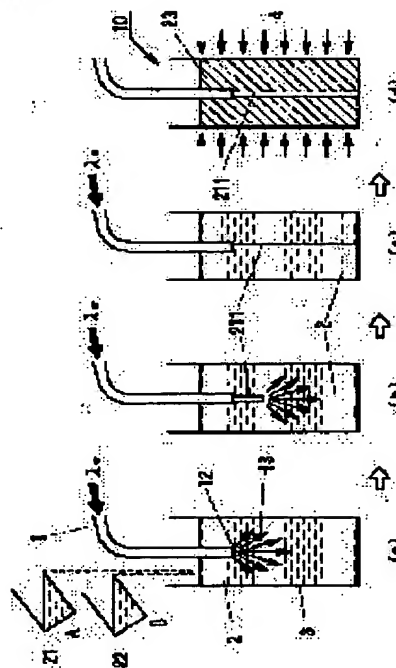
(72)Inventor : KAGAMI MANABU
YAMASHITA TATSUYA
ITO HIROSHI
OKAMOTO KAZUO
INUI YUKITOSHI

(54) METHOD FOR PRODUCING OPTICAL TRANSMISSION LINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for easily producing an optical transmission line using photo-curable resins.

SOLUTION: An optical fiber 1, a liquid mixture 2 of photo-curable resins 21, 22 which photopolymerize with different polymerization patterns, and a transparent vessel 3 are prepared. The photo-curable resins 21, 22 do not copolymerize and photopolymerization initiators used for curing the resins are different from each other in activation wavelength. The activation wavelength of the photopolymerization initiator for the photo-curable resin having a higher post-cure refractive index is longer than that for the photo-curable resin having a lower post-cure refractive index and only the photo-curable resin having a higher post-cure refractive index is cured with light of a wavelength between the two activation wavelengths to form only a core. Both the photo-curable resins to be converted to a clad are then cured to form the objective optical transmission line.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2002-169038

(P 2002-169038 A)

(43) 公開日 平成14年6月14日(2002. 6. 14)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 2 B 6/00	3 6 6	G 0 2 B 6/00 3 6 6	2H050
C 0 8 F 2/00		C 0 8 F 2/00	B 4J011
	2/50		4J031
C 0 8 G 85/00		C 0 8 G 85/00	

審査請求 未請求 請求項の数 5

O L

(全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-365223 (P2000-365223)

(22) 出願日 平成12年11月30日 (2000. 11. 30)

特許法第30条第1項適用申請有り 2000年9月7日 社団法人電子情報通信学会発行の「2000年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会 講演論文集2」に発表

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1

(71) 出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地

(72) 発明者 各務 学

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

(74) 代理人 100087723

弁理士 藤谷 修

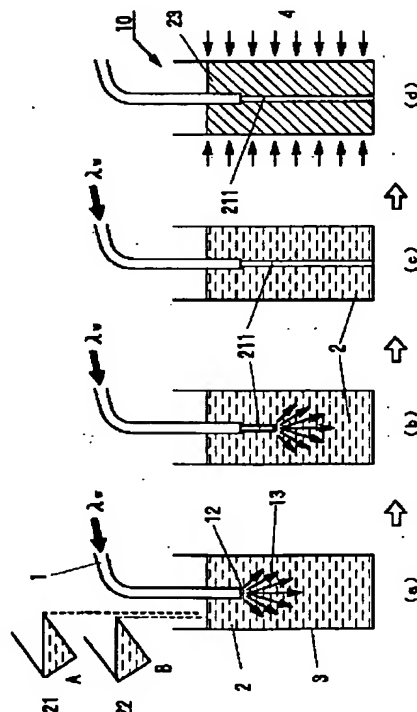
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光伝送路の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 光硬化性樹脂を用いる、簡易な、光伝送路の製造方法を提供すること。

【解決手段】 光ファイバ 1、2つの異なる重合型により光重合する光硬化性樹脂 2 1、2 2 の混合液 2、透明容器 3 を用意する。光硬化性樹脂 2 1、2 2 は共重合せず、且つ硬化のための光重合開始剤の活性化波長が異なる。硬化後屈折率の高い側の光硬化性樹脂の光重合開始剤の活性化波長が、硬化後屈折率の低い側の光硬化性樹脂の光重合開始剤の活性化波長より長い組み合わせを用いて、それら 2つの波長の間の波長により硬化後屈折率の高い側の光硬化性樹脂のみを硬化させることでコアのみを形成することができる。その後、クラッドとなるべき 2 種の光硬化性樹脂のいずれをも硬化させることで光伝送路を形成することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の光重合開始剤と該第 1 の光重合開始剤により第 1 の重合型により重合する第 1 のモノマー又はオリゴマーとから成る第 1 の光硬化性樹脂と、第 2 の光重合開始剤と該第 2 の光重合開始剤により前記第 1 の重合型とは異なる第 2 の重合型により重合する第 2 のモノマー又はオリゴマーとから成る第 2 の光硬化性樹脂とを混合する混合工程と、

前記第 1 の光重合開始剤を活性化させるが前記第 2 の光重合開始剤を活性化させない第 1 の光照射により、前記第 1 の光硬化性樹脂を硬化させて光伝送路のコア部分を形成するコア形成工程と、

前記第 1 の光重合開始剤と前記第 2 の光重合開始剤とをいずれも活性化させる第 2 の光照射により、前記第 1 の光硬化性樹脂と前記第 2 の光硬化性樹脂を各々硬化させて光伝送路のクラッド部分を形成するクラッド形成工程とから成り、

前記第 1 の光照射は、前記第 1 の光重合開始剤が活性化するのに必要な最長波長より短い波長であり、前記第 2 の光重合開始剤が活性化するのに必要な最長波長より長い波長にて行うことを特徴とする光伝送路の製造方法。

【請求項 2】 第 1 の光重合開始剤と該第 1 の光重合開始剤により第 1 の重合型により重合する第 1 のモノマー又はオリゴマーとから成る第 1 の光硬化性樹脂と、第 2 の光重合開始剤と該第 2 の光重合開始剤により前記第 1 の重合型とは異なる第 2 の重合型により重合する第 2 のモノマー又はオリゴマーとから成る第 2 の光硬化性樹脂とを混合する混合工程と、

前記第 1 の光重合開始剤を活性化させるが前記第 2 の光重合開始剤を活性化させない第 1 の光照射により、前記第 1 の光硬化性樹脂を硬化させて光伝送路のコア部分を形成するコア形成工程と、

前記第 1 の光重合開始剤と前記第 2 の光重合開始剤とをいずれも活性化させる第 2 の光照射により、前記第 1 の光硬化性樹脂と前記第 2 の光硬化性樹脂を各々硬化させて光伝送路のクラッド部分を形成するクラッド形成工程とから成り、

前記第 1 の光照射は、前記第 1 の光硬化性樹脂がほぼ完全に硬化するのに必要な最小露光量より大きな露光量であり、前記第 2 の光硬化性樹脂がほぼ全く硬化しない最大露光量より小さな露光量にて行うことを特徴とする光伝送路の製造方法。

【請求項 3】 前記第 1 の重合型と前記第 2 の重合型は、一方がラジカル重合によるものであり、もう一方がカチオン重合によるものであることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の光伝送路の製造方法。

【請求項 4】 波長 λ_w で照度 I 。(単位は mW/cm^2) の光を用いて長さ L (単位は cm) の前記コアを時間 s (単位は秒) で形成させる場合、硬化前の前記第 1 の光硬化性樹脂の光損失 α (単位は dB/cm) と波長 λ_w における硬化

のための最小露光量 $\sigma_A(\lambda_w)$ (単位は mJ/cm^2) が、次の式を充たすことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の光伝送路の製造方法。

【数 1】

$$\alpha \leq \frac{10}{L} \log_{10} \frac{I_0 \cdot s}{\sigma_A(\lambda_w)}$$

【請求項 5】 前記第 1 の光重合開始剤が、2 光子吸収を経て活性化することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の光伝送路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光硬化性樹脂によりコアとクラッドから成る光伝送路を形成する光伝送路の製造方法に関する。本発明は、光ファイバに接続される光モジュールの製造に特に有用である。

【0002】

【従来の技術】 従来、光硬化性樹脂を利用して光ファイバ先端に光伝送路を形成する技術として、例えば特開平 4-165311 号公報記載の技術が知られている。これは光ファイバの一端をフッ素系モノマーから成る光硬化成樹脂液に漬け、紫外線領域の短波長レーザーを光ファイバから樹脂液に照射することで光伝送路が形成されるものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上述の従来例では、コアのみしか形成できず、また、形成された光伝送路には未硬化のモノマーが付着しているため洗浄プロセスが必要であり、また、上述公報第 1 図乃至第 3 図にあるように形成されるコアも瓢箪様となって円筒形には制御できないという問題があった。

【0004】 本発明者らは鋭意努力を重ね、2 種類の光硬化性樹脂を用いることで有用な光伝送路を形成することを見出し、本願を完成させた。

【0005】 即ち、本発明の目的は、2 種類の光硬化性樹脂を用いることで有用な光伝送路を形成するための、好条件を備えた光伝送路の製造方法を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 上記の課題を解決するため、請求項 1 に記載の手段は、第 1 の光重合開始剤と該第 1 の光重合開始剤により第 1 の重合型により重合する第 1 のモノマー又はオリゴマーとから成る第 1 の光硬化性樹脂と、第 2 の光重合開始剤と該第 2 の光重合開始剤により第 1 の重合型とは異なる第 2 の重合型により重合する第 2 のモノマー又はオリゴマーとから成る第 2 の光硬化性樹脂とを混合する混合工程と、第 1 の光重合開始剤を活性化させるが第 2 の光重合開始剤を活性化させない第 1 の光照射により、第 1 の光硬化性樹脂を硬化させ

て光伝送路のコア部分を形成するコア形成工程と、第1の光重合開始剤と第2の光重合開始剤とをいずれも活性化させる第2の光照射により、第1の光硬化性樹脂と第2の光硬化性樹脂をとともに硬化させて光伝送路のクラッド部分を形成するクラッド形成工程とから成り、第1の光照射は、第1の光重合開始剤が活性化するのに必要な最長波長より短い波長であり、第2の光重合開始剤が活性化するのに必要な最長波長より長い波長にて行うことを特徴とする。

【0007】第1の光硬化性樹脂を硬化させてコア部分と成し、第1の光硬化性樹脂と第2の光硬化性樹脂を各々硬化させてクラッド部分と成すので、硬化後の第1の光硬化性樹脂は硬化後の第2の光硬化性樹脂よりも屈折率が高い必要がある。また、クラッド形成工程においては第1の光硬化性樹脂と第2の光硬化性樹脂は各々硬化するのであり、共重合するのではない。ただし、コア形成後、第2の光照射で2つの光硬化性樹脂が共に硬化し、且つ、硬化した混合樹脂の屈折率がより低ければクラッドとして機能することになる。また、第1又は第2の光重合開始剤が活性化するのに必要な最長波長とは、実質的にコア部として形成されるような硬化が起こる程度に必要なものをいう。

【0008】また、請求項2に記載の手段は、第1の光重合開始剤と該第1の光重合開始剤により第1の重合型により重合する第1のモノマー又はオリゴマーとから成る第1の光硬化性樹脂と、第2の光重合開始剤と該第2の光重合開始剤により第1の重合型とは異なる第2の重合型により重合する第2のモノマー又はオリゴマーとから成る第2の光硬化性樹脂とを混合する混合工程と、第1の光重合開始剤を活性化させるが第2の光重合開始剤を活性化させない第1の光照射により、第1の光硬化性樹脂を硬化させて光伝送路のコア部分を形成するコア形成工程と、第1の光重合開始剤と第2の光重合開始剤とをいずれも活性化させる第2の光照射により、第1の光硬化性樹脂と第2の光硬化性樹脂を各々硬化させて光伝送路のクラッド部分を形成するクラッド形成工程とから成り、第1の光照射は、第1の光硬化性樹脂がほぼ完全に硬化するのに必要な最小露光量より大きな露光量であり、第2の光硬化性樹脂がほぼ全く硬化しない最大露光量より小さな露光量にて行うことを特徴とする。

【0009】ここで、第1の光照射においては、第1の光硬化性樹脂がほぼ完全に硬化するのに必要な最小露光量とはコア形成に充分な硬化の程度を意味し、第2の光硬化性樹脂がほぼ全く硬化しない最大露光量とは、クラッド形成工程で形成されるクラッドの屈折率よりも十分高い屈折率のコアが形成される、即ちコアの屈折率を大きく下げない程度であれば、第2の光硬化性樹脂がコア部に微量含まれていても良いものとする。ただし、第1の光照射において、2つの光硬化性樹脂が共重合を行わないようにする必要がある。

【0010】また、請求項3に記載の手段によれば、第1の重合型と第2の重合型は、一方がラジカル重合によるものであり、もう一方がカチオン重合によるものであることを特徴とする。

【0011】また、請求項4に記載の手段は、波長 λ_w で照度 I 。(単位は mW/cm^2)の光を用いて長さ L (単位は cm)の前記コアを時間 s (単位は秒)で形成させる場合、硬化前の第1の光硬化性樹脂の光損失 α (単位は dB/cm)と波長 λ_w における硬化のための最小露光量 $\sigma_A(\lambda_w)$ (単位は mJ/cm^2)が、次の式を充たすことを特徴とする。

【数2】

$$\alpha \leq \frac{10}{L} \log_{10} \frac{I_0 \cdot s}{\sigma_A(\lambda_w)}$$

【0012】また、請求項5に記載の手段は、第1の光重合開始剤が、2光子吸収を経て活性化することを特徴とする。

【0013】

【作用及び発明の効果】2種類の光硬化性樹脂を混合し、屈折率の高いほうのみ光照射により硬化させてコアを形成し、その後2種類の光硬化性樹脂を同時に硬化させればクラッドを形成することができる。これを可能とするためには、コアを形成する光照射が、第1の光重合開始剤が活性化するのに必要な最長波長より短い波長であり、第2の光重合開始剤が活性化するのに必要な最長波長より長い波長にて行えば良い(請求項1)。これにより、例えば反射ミラー、ハーフミラー等及び発光若しくは受光素子を組み合わせた光モジュールを容易に構成することができる。

【0014】また、コアを形成する光照射が、第1の光硬化性樹脂がほぼ完全に硬化するのに必要な最小露光量より大きな露光量であり、第2の光硬化性樹脂がほぼ全く硬化しない最大露光量より小さな露光量にて行うことでも良い(請求項2)。これにより、やはり反射ミラー、ハーフミラー等及び発光若しくは受光素子を組み合わせた光モジュールを容易に構成することができる。

【0015】2種類の光硬化性樹脂として、ラジカル重合により硬化するものと、カチオン重合により硬化するものとを組み合わせれば、第1の光照射工程において共重合を起こさない2種類の光硬化性樹脂を容易に組み合わせることができる(請求項3)。ラジカル重合により硬化する光硬化性樹脂としては、例えばアクリロイル基又はメタクリロイル基を有するモノマー或いはオリゴマー、感光性ポリイミド又はスチレン、ジビニルベンゼン若しくは不飽和ポリエステルなどを、光重合開始剤と組み合わせたものを用いることができる。また、カチオン重合により硬化する光硬化性樹脂としては、例えばエポキシ環、オキセタン環ほか環状エーテルを有する化合

物、環状ラクトン化合物、環状アセタール化合物、ビニルエーテル化合物等のモノマー或いはオリゴマーを、光重合開始剤と組み合わせたものを用いることができる。

【0016】ラジカル重合のための光重合開始剤としては、ベンジルジメチルケタール系化合物、 α -ヒドロキシケトン系化合物、 α -アミノケトン系化合物、ビスアシルホスフィンオキシド系化合物、メタロセン系化合物その他の任意の光ラジカル重合開始剤を用いることができる。

【0017】カチオン重合のための光重合開始剤としては、トリアリールスルホニウム塩系化合物、ジアリールヨードニウム塩系化合物、メタロセン系化合物その他の任意の光カチオン重合開始剤を用いることができる。

【0018】光照射によりコア部を形成する際、コア部を長尺化するためにはコア部の光損失が重要となる。コア部が長さ L (単位 cm) 形成された際、照度 I_0 (単位 mW/cm^2) の硬化光がコア部根元から成長端まで供給されるとき、硬化前の第1の光硬化性樹脂の光損失を α (単位 dB/cm) とすると、成長端における照度 I (単位 mW/cm^2) は次の式で求めることができる。

【数3】

$$I = I_0 \cdot 10^{-\frac{\alpha L}{10}}$$

【0019】波長 λ_w で長さ L (単位 cm) 以上のコアを時間 s (単位は秒) で形成するためには、波長依存性のある最小露光量 $\sigma_A(\lambda_w)$ (単位は mJ/cm^2) との間で次の式を充たす必要がある。

【数4】

$$\sigma_A(\lambda_w) \leq I_0 \cdot s \cdot 10^{-\frac{\alpha L}{10}}$$

【0020】ここから、光硬化性樹脂の硬化前の光損失 α の上限が次の式で求められる。

【数5】

$$\alpha \leq \frac{10}{L} \log_{10} \frac{I_0 \cdot s}{\sigma_A(\lambda_w)}$$

【0021】即ち、請求項4を充たす条件により長さ L (単位は cm) のコアを時間 s (単位は秒) で形成させることができる。

【0022】コアを形成するための第1の光重合開始剤が2光子吸収を経て活性化するならば、より長波長の硬化光を用いることができ、第2の光重合開始剤による重合をさせないようにすることが容易となる。

【0023】

【発明の実施の形態】本発明の光伝送路の製造方法に用いることのできる、光重合開始剤とモノマー又はオリゴ

マーは例えば以下のものが好適である。

【0024】光ラジカル重合を行うモノマーとしては、(メタ)アクリル酸エステル、(メタ)アクリル酸アミドが好ましい。具体的には(メタ)アクリル酸2-エチルヘキシル、(メタ)アクリル酸シクロヘキシル、(メタ)アクリル酸2-ブトキシエチル等の1官能性(メタ)アクリル酸エステル(モノ(メタ)アクリレート)を用いることができる。また、エチレングリコール、ネオペンチルグリコール、1,6-ヘキサジオール等のジオールと2等量の(メタ)アクリル酸とのエステル(ジ(メタ)アクリレート)を用いることができる。同様に、アルコール性水酸基を複数有する有機化合物と(メタ)アクリル酸とのエステル(トリ、テトラ、…(メタ)アクリレート)を用いることができる。尚、これらのモノマーにおいて、(メタ)アクリロイル基及びその他の有機骨格のメチル水素、メチレン水素、メチン水素の一部をハロゲンで置換したものでも良い。

【0025】光ラジカル重合を行うオリゴマー(マクロモノマー)としては、末端又は分岐に(メタ)アクリロイル基を有するウレタン系オリゴマー、ポリエーテル系オリゴマー、エポキシ系オリゴマー、ポリエステル系オリゴマーなどが好ましい。尚、これらのオリゴマーにおいて、(メタ)アクリロイル基及びその他の有機骨格のメチル水素、メチレン水素、メチン水素の一部をハロゲンで置換したものでも良い。

【0026】光ラジカル重合開始剤としては、ベンジルジメチルケタール系化合物としては2,2-ジメトキシ-2-フェニルアセトフェノン、 α -ヒドロキシケトン系化合物としては2-ヒドロキシ-2-メチル-フェニルプロパン-1-オン、(1-ヒドロキシシクロヘキシル)-フェニルケトン、 α -アミノケトン系化合物としては2-ベンジル-2-ジメチルアミノ-1-(4-モルホリノフェニル)-ブタン-1-オン、2-メチル-1-(4-(メチルチオ)フェニル)-2-モルホリノプロパン-1-オン、ビスアシルホスフィンオキシド系化合物としてはビス(2,6-ジメトキシベンゾイル)-2,4,4-トリメチル-ベンチルホスフィンオキシド、ビス(2,4,6-トリメチルベンゾイル)-フェニルホスフィンオキシド、メタロセン系化合物としてはビス(η -シクロペンタジエニル)-ビス(2,6-ジフルオロ-3-(N -ピロイル)フェニル)チタンなどを用いることができる。これらを複数種類用いても良い。

【0027】光カチオン重合を行うモノマー或いはオリゴマーとしては、エポキシ環、オキセタン環ほか環状エーテルを有する化合物、環状ラクトン化合物、環状アセタール化合物、ビニルエーテル化合物等のモノマー或いはオリゴマーを用いることができる。

【0028】光カチオン重合開始剤としては、4,4'-ビス(ジ(2-ヒドロキシエトキシ)フェニル)スルホ

ニオ) フェニルスルフィド二ヘキサフルオロアンチモン酸、 η -シクロペンタジエニル- η -クメン鉄(1+)-ヘキサフルオロリン酸(1-)などを用いることができる。

【0029】上記述の光ラジカル重合開始剤又は光カチオン重合開始剤に、光増感剤を加えても良い。以上のような組み合わせにより、本発明に用いる光硬化性液状樹脂組成物とすることができる。また、本発明は、光アニオン重合性の重合開始剤とモノマー又はオリゴマーの組み合わせを排除するものではない。また、チオール・エン付加による重合を用いても良い。また、本発明と同様に、コア部分の形成は光照射により行い、クラッド部分の形成は光照射以外の方法で行うことも可能である。

【0030】〔第1実施例〕図1に本発明の具体的な第1の実施例に係る光伝送路の製造方法を示す。光ファイバ1、2つの異なる重合型により光重合する光硬化性樹脂21、22の混合液(光硬化性液状樹脂組成物)2、透明容器3を用意した。2つの異なる重合型により光重合する光硬化性樹脂21、22としては、光ラジカル重

合を行うLoctite社製の品番358(以下、単に樹脂Aという)と光カチオン重合を行うダイキン社製の品番UV-2100(以下、単に樹脂Bという)を用いた。

【0031】図1の(a)のように、樹脂A21及び樹脂B22を混合(混合比7:3)して混合液2を調製し、透明容器3に充填した。次に光ファイバ1の先端面12を混合液2に浸し、波長 $\lambda_w=488\text{nm}$ の光を光ファイバ1に供給した。すると、図1の(b)のように、光ファイバ1の先端面12から略円錐台状の硬化した樹脂211が形成され、その後径が一定の略円柱状となって硬化部分211が成長した(図1の(c))。硬化部分211が約23mmの長さになったところで波長 $\lambda_w=488\text{nm}$ の光の供給を止め、透明容器3の全周から波長 $\lambda_c=385\text{nm}$ の光(図で4)を照射し、透明容器3に残っていた混合液2を全て硬化させた(図1の(d))。

【0032】硬化部分211と、透明容器3内のそれ以外の硬化部分23の屈折率は、波長385nmに対し1.511と1.499と測定された。硬化部分211の屈折率は樹脂Aの硬化後屈折率に等しく、硬化部分23の屈折率は樹脂A、樹脂Bの各々の硬化後屈折率の中間に位置する。よって、 $\lambda_w=488\text{nm}$ の光照射により混合溶液2のうち樹脂Aのみ硬化させて屈折率の高い略円柱状の部分の長いコアを形成し、 $\lambda_c=385\text{nm}$ の光照射により樹脂A、樹脂Bの各々を硬化させて屈折率の低いクラッドを形成することにより、光伝送路10を形成することができた。

【0033】この実験結果は、次のように説明できる。図2は樹脂Aと樹脂Bの硬化前の吸光度(光損失、単位dB/cm)の波長特性を示したものである。 $\lambda_w=488\text{nm}$ において、樹脂Aと樹脂Bの吸収特性が大きく異なる。これは2種の光硬化性樹脂の光重合開始剤の活性化のため

の波長が異なることを意味する。このように、共重合しない、且つ硬化のための光重合開始剤の活性化波長が異なる2種の光硬化性樹脂を用いることで、硬化後屈折率の高い側の光硬化性樹脂の光重合開始剤の活性化波長が、硬化後屈折率の低い側の光硬化性樹脂の光重合開始剤の活性化波長より長いならば、それら2つの波長の間の波長により硬化後屈折率の高い側の光硬化性樹脂のみを硬化させることでコアのみを形成することができる。その後、クラッドとなるべき2種の光硬化性樹脂のいずれをも硬化させることで光伝送路を形成することができる。

【0034】〔第2実施例〕本実施例は第1実施例と同様に、露光量を異にしてコアとクラッドをそれぞれ形成して光伝送路を形成した。図1の(a)のように、樹脂A21及び樹脂B22を混合して混合液(光硬化性液状樹脂組成物)2を調製し、透明容器3に充填した。次に光ファイバ1の先端面12を混合液2に浸し、波長 $\lambda_w=385\text{nm}$ の光を先端面12において $30\text{mJ}/\text{cm}^2$ の露光量(図で13)となるよう、光ファイバ1に供給した。すると、図1の(b)のように、光ファイバ1の先端面12から略円錐台状の硬化した樹脂211が形成され、その後径が一定の略円柱状となって硬化部分211が成長した(図1の(c))。硬化部分211が約23mmの長さになった(露光量が $30\text{mJ}/\text{cm}^2$)ところで光供給を止め、透明容器3の全周から波長 $\lambda_w=385\text{nm}$ の光を $60\text{mJ}/\text{cm}^2$ の露光量(図で4)で照射し、透明容器3に残っていた混合液2を全て硬化させた(図1の(d))。

【0035】硬化部分211と、透明容器3内のそれ以外の硬化部分23の屈折率は、やはり波長385nmに対し1.511と1.499と測定された。硬化部分211の屈折率は樹脂Aの硬化後屈折率に等しく、硬化部分23の屈折率は樹脂A、樹脂Bの各々の硬化後屈折率の中間に位置する。よって、 $\lambda_w=385\text{nm}$ 、 $30\text{mJ}/\text{cm}^2$ の露光量の光照射により混合溶液2のうち樹脂Aのみ硬化させて屈折率の高い略円柱状の部分の長いコアを形成し、 $\lambda_w=385\text{nm}$ 、 $60\text{mJ}/\text{cm}^2$ の露光量の光照射により樹脂A、樹脂Bの各々を硬化させて屈折率の低いクラッドを形成することにより、光伝送路10を形成することができた。

【0036】この実験結果は、次のように説明できる。図3は樹脂Aと樹脂Bを各々別に $\lambda_w=385\text{nm}$ の光を照射して、露光量と硬化による屈折率変化を調べたものである。樹脂Aは露光量 $30\text{mJ}/\text{cm}^2$ でほぼ屈折率が上昇してしまう(硬化が十分起こる)が、樹脂Bは露光量 $60\text{mJ}/\text{cm}^2$ まで屈折率がほとんど上昇しない。これは、各々の光重合開始剤の感度(又は光重合開始剤と光増感剤との相互作用による感度)が異なるためである。このように、共重合しない、且つ硬化のための露光量が異なる2種の光硬化性樹脂を用いることで、硬化後屈折率の高い側の光硬化性樹脂が完全に硬化するための最小露光量が、硬化後屈折率の低い側の光硬化性樹脂が硬化しない

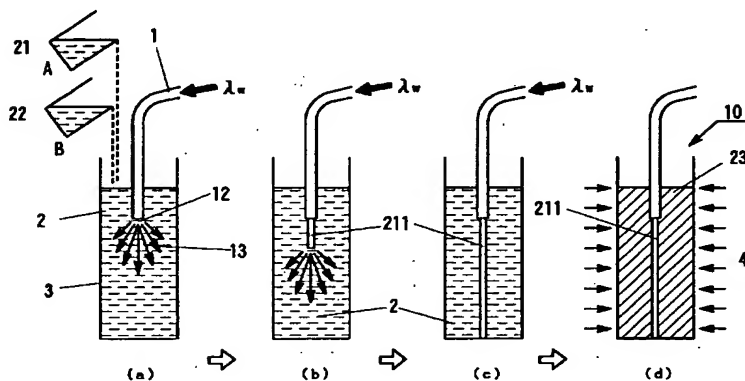
最大露光量よりも小さいならば、それら2つの露光量の間の露光量により硬化後屈折率の高い側の光硬化性樹脂のみを硬化させることでコアのみを形成することができる。その後、クラッドとなるべき2種の光硬化性樹脂のいずれをも硬化させることで光伝送路を形成することができる。

【0037】上記実施例では2つの樹脂A、Bを用いたが、本発明は共重合しない2つの光硬化性樹脂の任意の組み合わせから適宜コア形成樹脂（1方のみ）とクラッド形成樹脂（2種の混合物）となる組み合わせを選択した光硬化性液状樹脂組成物を用いることができる。この光硬化性液状樹脂組成物の2つの樹脂の、硬化波長又は硬化に必要な露光量の差を利用して、光硬化性液状樹脂組成物のうちのコア形成樹脂のみを硬化させてコア部を形成したのち、残部を硬化させてクラッドを形成する。このとき、共重合しない2つの光硬化性樹脂の重合型は光ラジカル重合と光カチオン重合に限定されない。

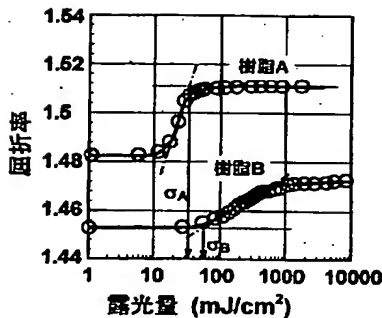
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な実施例に係る光伝送路の製造方法を示した工程図。

【図1】



【図3】



【図2】本発明の第1の実施例に係る光伝送路の製造方法の原理を説明するための吸光度の波長特性図。

【図3】本発明の第2の実施例に係る光伝送路の製造方法の原理を説明するための露光量による屈折率の変化図。

【符号の説明】

1 光ファイバ

10 光伝送路（コアとクラッドを含めたデバイス）

12 光ファイバの混合液に浸された端面

13 光ファイバの端面からの照射光

2 共重合しない2つの光硬化性樹脂の混合液（光硬化性液状樹脂組成物）

21 樹脂A

211 樹脂Aが硬化して形成されるコア部分

22 樹脂B

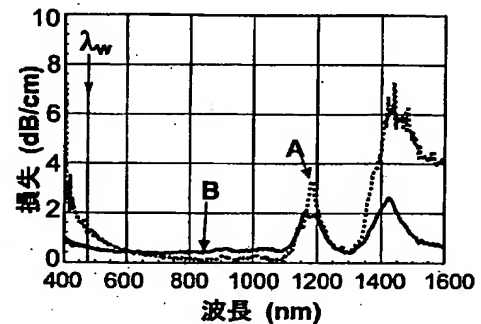
23 樹脂Aと樹脂Bがそれぞれ硬化して形成されるクラッド部分

3 透明容器

4 第2の光照射

20 λw 第1の光照射の際の波長

【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 山下 達弥
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 伊藤 博
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 岡本 一夫
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 伊縫 幸利
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内

Fターム(参考) 2H050 AA13 AB42Z
4J011 AC04 FB01 GA05 GB08 QA03
QA06 QA13 QA32 QB14 QB16
QB19 QB24 SA14 SA16 SA20
SA54 SA58 SA78 SA84 SA86
UA06 VA05 WA07
4J031 CA32 CA34 CA83 CE05 CF03